

Геоэкология

Зенгина Т.Ю., кандидат географических наук, доцент

Мухин Г.Д., кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник

Ускова К.А.

(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ ФРАГМЕНТАЦИИ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ НА ТЕРРИТОРИИ НОВОЙ МОСКВЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 150 ЛЕТ

В статье рассматриваются качественные и количественные изменения степени фрагментации лесных массивов на территории Новой Москвы за последние 150 лет. На основе использования методов картографического анализа и дешифрирования материалов дистанционного зондирования проведена оценка фрагментации лесных массивов четырех районов Новой Москвы в 1860 и 2018 гг. С учетом особенностей исследуемой территории из всех возможных показателей фрагментации лесов выбраны наиболее репрезентативные – лесистость, индекс среднего размера участка, индекс формы участка и индекс плотности границ. Анализ рассчитанных показателей выявил закономерности динамики показателей фрагментации лесов в зависимости от исторических и современных особенностей хозяйственного освоения территории. Результаты исследования могут найти применение для экологического проектирования городской среды территории Новой Москвы.

Ключевые слова: фрагментация лесов, показатели фрагментации, фрагментирующая сеть, степень урбанизации, экологическое проектирование, городская среда.

Zengina T.Yu.

Mukhin G.D.

Uskova K.A.

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE DEGREE OF FRAGMENTATION OF FORESTS IN THE TERRITORY OF NEW MOSCOW FOR THE LAST 150 YEARS

The article discusses the qualitative and quantitative changes in the degree of forest fragmentation within the territory of New Moscow over the past 150 years. Based on the use of cartographic analysis methods and interpretation of remote sensing materials, the fragmentation of forests in four New Moscow districts in 1860 and 2018 was evaluated. Taking into account the peculiarities of the study area, the most representative of the possible indicators of forest fragmentation were selected: forest cover, the average area size index, the area shape index and the edge density index. The analysis of the calculated indicators revealed patterns of the dynamics of forest fragmentation indicators depending on the historical and modern features of the economic development of the territory. The research results can be used for the ecological design of the urban environment for the New Moscow territory.

Keywords: forest fragmentation, fragmentation indicators, fragmented network, fragmented network, environmental design, urban environment.

Введение. Одним из важнейших факторов, обеспечивающих экологическую безопасность Москвы, является наличие на территории столичного региона значительных по площади массивов зеленых насаждений. В административных границах города наиболее крупные массивы лесов расположены в пределах Новой Москвы, присоединённой к столице в 2012 году. Если на территории «старой» Москвы расширение площади зеленых насаждений, особен-

но для создания ООПТ, ограничено конкуренцией за пространство с плановой городской застройкой (Мухин и др., 2015), то на территории Новой Москвы сохраняются перспективы формирования оптимального по площади и охраняемому по статусу экологического каркаса. Большая часть лесов территории Новой Москвы отнесена к категории особо охраняемых зеленых территорий (ООЗТ) и выполняет средообразующие и средозащитные функции. Однако, активно развивавшиеся в Подмоскovie процессы урбанизации в конце XX и начале XXI веков, и особенно после 2012 года, не могли не сказаться как на площади, так и на состоянии окружающих город лесных массивов. Одним из важнейших последствий подобного воздействия является увеличение степени фрагментации лесных массивов, часто фиксируемое на фоне практически не измененного показателя лесистости территории. В большинстве случаев это приводит к существенному снижению эффективности выполнения лесными массивами функций стабилизации среды и поддержания биоразнообразия в регионе. Оценка современного состояния, степени и тенденций развития процесса фрагментации в пределах активно развивающейся Новой Москвы необходима для решения задач экологического проектирования городской среды и принятия заблаговременных решений для формирования оптимальной сети охраняемых территорий разного статуса.

Цель исследования состоит в количественной и качественной оценке изменения степени фрагментации лесных массивов за последние 150 лет на территории Новой Москвы на примере 4 центральных поселений.

В отечественной и зарубежной литературе достаточно много работ, посвященных проблеме оценки фрагментации лесов на основе расчета индексов, характеризующих структуру лесных массивов конкретных территорий (Украинский и др., 2017; Усова, 2007; Daniel T., Gyenizse et al.; Jaeger J. – www.researchgate.net). Используя данную методическую базу в настоящем исследовании проведена оценка фрагментации лесных массивов 4-х районов Новой Москвы за период с 1860 по 2018 гг. С учетом особенностей территории и имеющихся материалов были рассчитаны наиболее репрезентативные показатели – лесистость, индексы среднего размера участков, формы участков и индекс плотности границ.

Материалы и методы исследования. Для оценки фрагментации лесных массивов в XIX веке и создания необходимых тематических векторных слоев использовалась военно-топографическая карта Шуберта 1860 г. Для этого из числа условных обозначений к ней (53 позиции) были выбраны только те, которые отображали либо участки, относящиеся к лесным массивам (хвойные, смешанные, лиственные леса), либо к объектам, формирующим фрагментирующие слои (застроенные территории, дороги и др.). Для формирования векторных слоев, отображающих современную ситуацию, использовались геопространственные данные свободного доступа веб-картографического проекта Open Street Maps (OSM). Для проверки степени их достоверности привлекались результаты полевых исследований и спутниковые данные. Космический снимок с пространственным разрешением 10 м со спутника Sentinel-2 за 25 мая 2018 г. был подобран в открытом доступе на портале Геологической службы США (USGS). Для уточнения и детализации ряда контуров также привлекались данные открытого online-сервиса Google Earth, предоставляющего космические изображения с разрешением существенно выше, чем 1 м. С учетом специфики использованного в работе исходного материала (карта XIX века и современные материалы спутникового зондирования), а также необходимости получения на его основе сопоставимых данных были использованы четыре показателя – уровень лесистости и 3 индекса, характеризующих размер (площадь), форму и конфигурацию участков.

Выбранные показатели рассчитывались для 4-х соседних районов центральной части Новой Москвы (городской округ Троицк и поселения Первомайское, Краснопахорское, Десёновское) (рис. 1). Городской округ Троицк – один из крупнейших центров размещения компактной застройки в пределах Новой Москвы, находящийся в то же время на существенном удалении от

старых границ города. Через него проходит Калужское шоссе, формирующее своеобразную транспортную «ось» Новой Москвы. Три окружающие его поселения характеризуются существенно меньшей степенью урбанизации.

При создании тематических полигональных слоев фрагментированных лесных массивов в 1860 и 2018 годах использовались методы дистанционного зондирования и векторного геоинформационного анализа (цифрование, пространственные запросы, оверлейные операции и др.). Работа проводилась в программе QGIS-2.18 с использованием модулей Processing и Digitizing Tools, Semi-Automatic Classification Plugin, Geospatial Data Abstraction Library и др. Для расчета показателей фрагментации лесных массивов по созданным тематическим слоям проводились картометрические измерения и использовались алгоритмы статистической обработки атрибутов сформированных векторных слоев (калькулятор полей, базовая статистика числовых столбцов и др.).

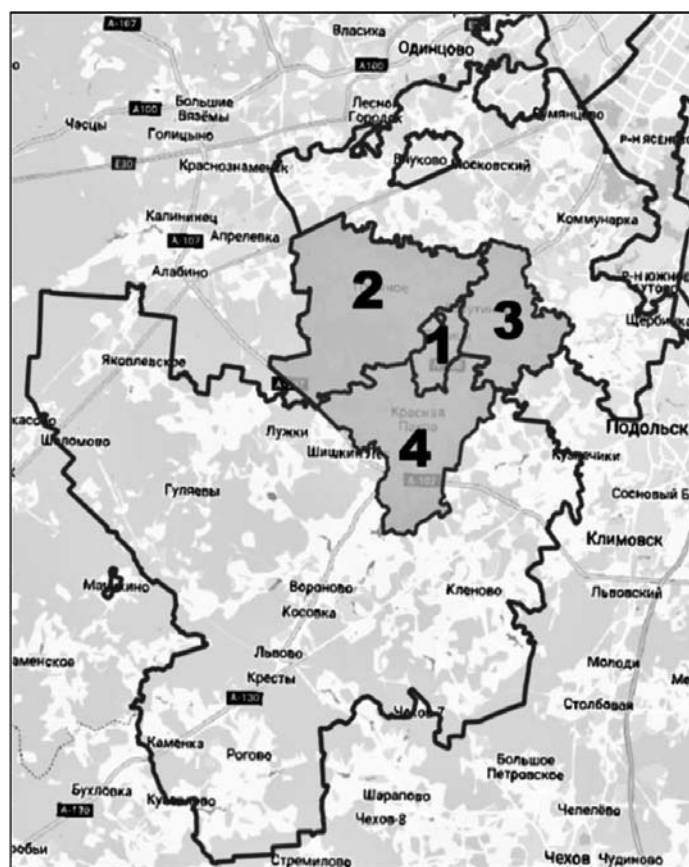


Рис. 1. Район исследования: 1 – городской округ Троицк; поселения: 2 – Первомайское, 3 – Десёновское, 4 – Краснопахорское

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследования были сформированы векторные полигональные слои фрагментированных лесных массивов для каждого периода исследований. В настоящее время в зависимости от целей и задач исследования существуют различные подходы к формированию как самого фрагментируемого слоя, так и к выделению фрагментирующей сети (Скачков и др., 2016; Украинский и др., 2017; Усова, 2007). В рамках нашего исследования сначала формировалось несколько полигональных слоев – слой лесных массивов и слой объектов так называемого «отсекающего слоя», в который были включены участки застройки, сельскохозяйственные угодья и другие площадные объекты, не относящиеся к лесопокрытым территориям, в том числе луга, болота и пустоши. Затем был сформирован единый линейный слой фрагментирующей сети, в который вошли автомобильные дороги

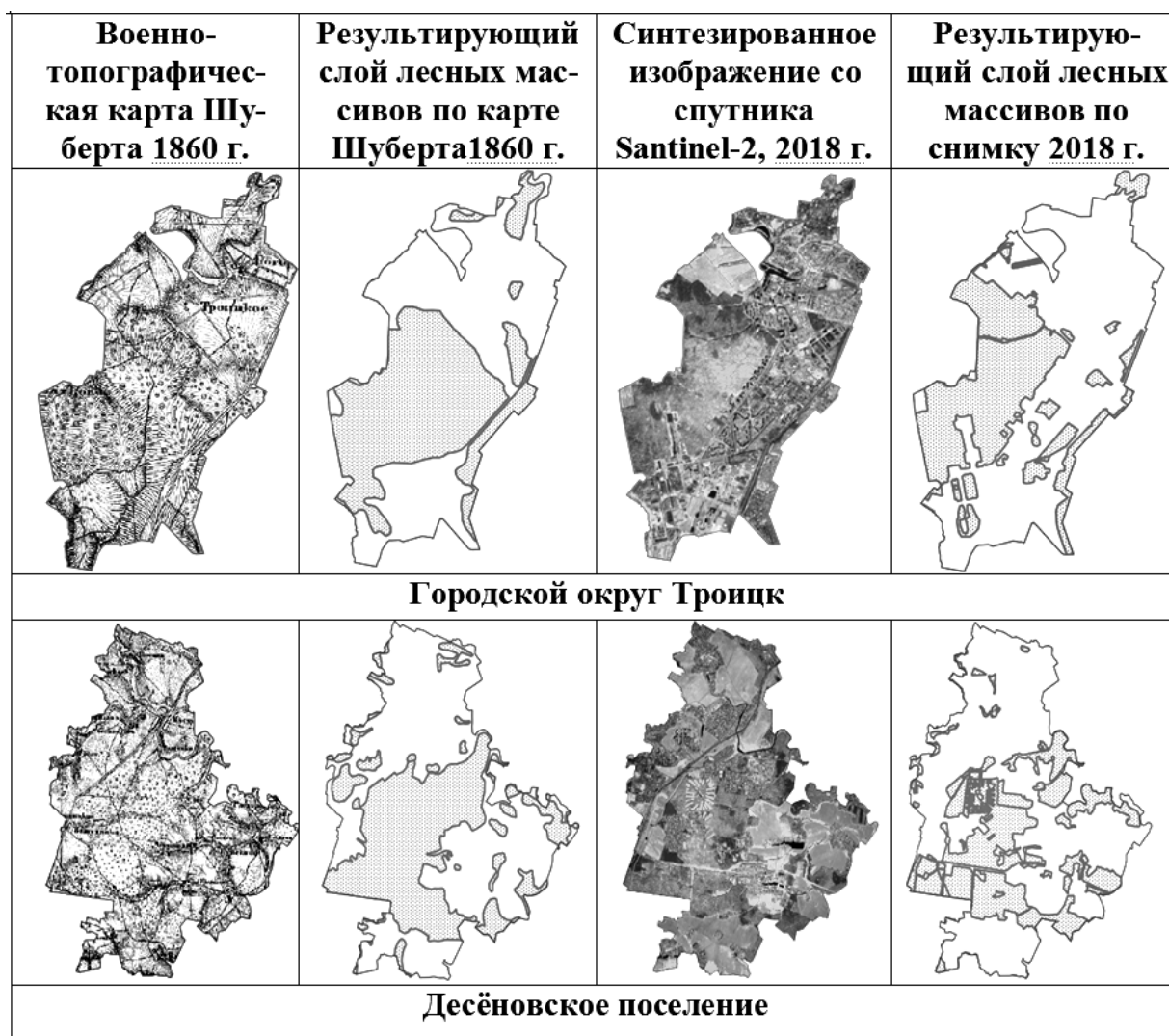


Рис. 2. Изменение степени фрагментации лесных массивов за 150 лет
(на примере городского округа Троицк и Десёновского поселения)

федерального, регионального и муниципального значения, а также крупные просеки под линиями электропередач (Украинский и др., 2017). Реки не включались в состав линейного слоя фрагментирующей сети т.к. фактически были учтены при формировании полигонального слоя лесов. Далее линейные слои фрагментирующей сети были использованы для рассечения полученных ранее полигональных слоев лесных массивов. Полученные два результирующих слоя фрагментированных массивов за 1860-й и 2018-й годы получили отображение на соответствующих картах (рис. 2).

На втором этапе исследования были рассчитаны 4 показателя, характеризующих степень фрагментации лесов.

1) Показатель лесистости (FC) (Forest cover) – характеризует степень облесённости территории, которая определяется отношением покрытой лесом площади к общей площади и выражается в процентах. Это наиболее распространенный показатель, который достаточно ярко характеризует пространственную деградацию зеленых массивов, ведущую к снижению эффективности выполнения ими различных функций.

$$FC = \frac{a}{A} \times 100\%$$

a – сумма площадей лесных массивов; *A* – площадь административного района.

2) Индекс среднего размера участка (MPS) (Mean Patch Size). Показатель лесистости не отражает размеры отдельно взятых лесных массивов. Однако известно, что чем больше площадь массива, тем сильнее проявляются его средообразующие и средозащитные функции. Поэтому нами был также рассчитан индекс MPS.

$$MPS = \frac{a}{n}$$

a – площадь лесных участков; n – общее количество лесных участков.

3) Индекс формы лесного участка (MSI) (Mean Shape Index). При фрагментации лесных массивов меняется не только их размер, но и форма. Для оценки этого явления был использован индекс MSI (Patton, 1975), математически описывающий расхождение формы исследуемого массива и массива в форме идеального круга. Если лесной массив имеет форму идеального круга, то $MSI = 1$. При этом, чем больше форма участка отклоняется от эталона (круга), тем больше значение индекса. Лесные массивы наиболее близкие к округлой форме (т.е. с наименьшим периметром по отношению к площади) считаются более стабильными и устойчивыми к внешнему негативному воздействию и эффективнее выполняют средообразующие функции (Daniel T., www.researchgate.net).

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{2 \sqrt{\pi \times a_i}} \right)}{n}$$

p – периметр отдельного лесного массива; a – площадь отдельного массива;

n – общее количество лесных массивов.

4) Индекс плотности границ (ED) (Edge density) определяется как отношение длины границ лесных массивов к их площади. Увеличение индекса указывает на рост протяженности границ за счет их изрезанности, что приводит к росту негативного воздействия на лесные участки «краевого эффекта», ширина зоны которого может колебаться в зависимости от типа экосистемы и особенностей окружающей ее территории до 100 и более метров (Patton, 1975). Но в любом случае происходят изменения в функционировании экосистем и, как правило, снижение их экологических функций (Gyenizse et al. www.researchgate.net).

$$ED = \frac{P}{a}$$

p – сумма периметров всех лесных массивов; a – сумма их площадей.

На третьем этапе был проведен сравнительный анализ результатов расчета выбранных показателей для каждого из 4 поселений по состоянию на 1860 и 2018 гг. (табл. 1). Было выявлено, что за исследуемый период времени для всех показателей характерны изменения, диагностирующие увеличение степени фрагментации лесных массивов, а следовательно, и снижение эффективности выполнения ими средообразующих и средозащитных функций. Исключение составил только показатель лесистости для **Краснопахорского** поселения, который увеличился с 42,7% до 47,5%.

Таблица 1

Результаты расчета индексов фрагментации лесных массивов
(числитель – по состоянию на 1860 г., знаменатель – по состоянию на 2018 г.)

Поселение	ФС лесистость %	MPS средний размер фрагментов, км ²	MSI индекс формы лес- ного массива, усл. ед	ED плотность границ, км/км ²
Троицк	47,75 / 36,72	1.73 / 0.26	1.73 / 1.76	1,96 / 3,27
Первомайское	51,38 / 50,48	1.11 / 0,10	1.64 / 2.09	1,59 / 2,56
Десеновское	42,08 / 31,84	1.17 / 0.31	1.85 / 2.01	1,93 / 3,13
Краснопахорское	42,71 / 47,46	1.28 / 0.37	1.67 / 1.84	1,85 / 3,51

Степень изменения показателей, характеризующих уровень фрагментации лесных массивов, сильно колеблется между рассмотренными районами Новой Москвы.

Максимальное увеличение показателей фрагментации характерно для *Троицка* (максимальное уменьшение лесистости и среднего размера массивов, увеличение индекса плотности границ), что объясняется активным градостроительным освоением района в соответствии с проектами развития ТиНАО.

В поселении *Десеновское*, расположенном ближе всего к старым границам Москвы, показатель лесистости существенно снизился, а средний размер массивов и плотность границ изменились слабо. Это обусловлено тем, что и в 1860-ом году лесные массивы здесь характеризовались небольшими размерами и достаточно высокой изрезанностью границ. При современной освоенности района они оказались поглощенными плотной застройкой и просто исчезли, а не подверглись расчленению лесных массивов фрагментирующей сетью.

Поселения *Краснопахорское* и *Первомайское* по состоянию на 1860 г. были достаточно густо заселены. В районах рек Пахра и Десна располагались многочисленные деревни и обширные сельскохозяйственные угодья. В настоящее время значительная часть полей заброшена. Однако, в пределах *Первомайского* поселения, расположенного близко к старым границам столицы, поля не заросли лесом, а отошли под застройку и дорожную сеть. Активное селитебное освоение привело к существенному ухудшению таких показателей, как средний размер и индекс формы массивов.

Удаленное от старой Москвы положение *Краснопахорского* поселения, по всей видимости, стало причиной не только увеличения лесистости территории на 5%, но и очень незначительного, по сравнению с другими районами, ухудшения таких показателей, как индекс формы и средний размер массивов. В тоже время индекс плотности границ в пределах района существенно возрос, что объясняется особенностями современной трансформации землепользования.

Заключение. Изучение фрагментации лесных массивов требует одновременного использования набора соответствующих индексов, которые характеризуют разные аспекты этого явления, что позволяет наиболее эффективно в перспективе решать задачи экологического проектирования городской среды. Результаты количественной оценки изменения степени фрагментации лесных массивов в пределах изучаемой территории в целом коррелируют с особенностями хозяйственного освоения территории в середине XIX века и современными тенденциями трансформации землепользования.

Наиболее устойчивым показателем является лесистость территории, что объясняется во многом тем, что леса Подмосковья уже давно отнесены к категории защитных лесов (I группа лесов). Рост лесистости в удаленном Краснопахорском районе объясняется зарастанием заброшенных земель.

Наиболее динамичным показателем оказался средний размер участков – он уменьшился практически на порядок в районах активной современной урбанизации (Троицк, Первомайское). Индексы формы участков и плотности границ хотя и демонстрируют меньшую степень отрицательной динамики (1–2 раза), однако все равно свидетельствуют о снижении эффективности выполнения лесами средообразующих функций.

В настоящее время назрела необходимость принятия срочных проектных решений для сохранения и оптимизации структуры лесных насаждений, особенно в Троицком и Первомайском районах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухин Г.Д., Леонова Н.Б., Марголина И.Л., Пакина А.А. Развитие сети ООПТ Москвы: актуальные тенденции. // Проблемы региональной экологии, 2015, № 6. – С. 67–71.
2. Скачкова, А.С., Яцухно В.М. Планирование территориальных схем экологических сетей на основе результатов оценки фрагментации и разнообразия ландшафтов. // Земля Беларуси, 2016, № 4. – С. 19–23.
3. Украинский П.А., Терехин Э.А., Павлюк Я.В. Фрагментация лесов верхней части бассейна реки Ворскла с конца XVIII века. // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017, № 1. – С. 82–91.
4. Усова И.П. Оценка фрагментации лесов с внедрением ландшафтных индексов (на примере восточно-белорусской ландшафтной провинции). / Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. II часть. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – С. 250–253.
5. Daniel T.R. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? [Электронный ресурс] // Доступно по адресу: www.researchgate.net/publication/253148128_Landscape_indices_as_measures_of_the_effects_of_fragmentation_can_pattern_reflect_process. Дата обращения: 06.02.2019.
6. Gyenizse P., Bognár Z., Czigány S., Elekes T. Landscape shape index, as a potential indicator of urban development in Hungary. [Электронный ресурс] // Доступно по адресу: www.researchgate.net/publication/299381776_Landscape_shape_index_as_a_potential_indicator_of_urban_development_in_hungary. Дата обращения: 14.12.2018.
7. Jaeger J. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. [Электронный ресурс] // Доступно по адресу: www.researchgate.net/publication/225929526_Landscape_division_splitting_index_and_effective_mesh_size_New_measures_of_landscape_fragmentation. Дата обращения: 02.02.2019.
8. Patton D.R. A diversity index for quantifying habitat edge. Wildlife Society Bulletin Wildlife Society Bulletin, 1975, Vol. 3. – Pp. 171–173.